

PENGARUH SUHU DAN WAKTU ADSORPSI TERHADAP SIFAT KIMIA-FISIKA MINYAK GORENG BEKAS HASIL PEMURNIAN MENGGUNAKAN ADSORBEN AMPAS PATI AREN DAN BENTONIT

Lucia Hermawati Rahayu* dan Sari Purnavita

Akademi Kimia Industri Santo Paulus Semarang

Jln. Sriwijaya 104 Semarang Tlp. 024-8442979

*Email : l_hermawati@yahoo.co.id

Abstrak

Penggunaan minyak goreng berulang kali pada temperatur tinggi akan menyebabkan mutu dan nilai gizi makanan yang digoreng menurun sehingga dapat berdampak buruk bagi kesehatan konsumen. Pemurnian minyak goreng bekas perlu dilakukan guna meningkatkan kualitasnya sehingga bisa digunakan kembali secara aman untuk mengolah makanan. Pemurnian minyak goreng bekas secara adsorpsi menggunakan bioadsorben ampas pati aren (APA) dan bentonit (B) pada berbagai variasi suhu dan waktu kontak telah dipelajari. Proses adsorpsi dilakukan dengan mengkontakkkan minyak goreng bekas dan campuran bioadsorben APA-Bentonit dengan rasio 1:1 pada variasi suhu 40°C, 70°C, 100°C, 150°C masing-masing selama 20, 40, 60, 80, dan 100 menit. Minyak setelah adsorpsi kemudian diamati perubahan bilangan asam (BA), bilangan peroksida (PV), dan kejernihan warnanya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penurunan BA, PV, dan intensitas warna minyak goreng bekas akibat perlakuan adsorpsi menggunakan bioadsorben ampas pati aren dan bentonit pada rasio 1:1 sangat nyata dipengaruhi oleh suhu dan waktu adsorpsi. Kondisi terbaik untuk menurunkan BA dan PV minyak goreng bekas adalah pada suhu 100°C selama 100 menit, yang mampu menurunkan BA sebesar 49,39 % dan PV sebesar 75,76%. Sedangkan kondisi terbaik untuk menurunkan intensitas warna adalah pada suhu 150°C dengan waktu kontak 60 menit dengan besar penurunan intensitas warna mencapai 71,15%.

Kata kunci : adsorpsi, ampas pati aren, bentonit, minyak goreng bekas

PENDAHULUAN

Dewasa ini, sebagian besar produksi minyak nabati di seluruh dunia digunakan sebagai minyak goreng di berbagai industri pangan, rumah tangga dan restoran. Minyak goreng berperan sebagai media untuk perpindahan panas yang cepat dan merata pada permukaan yang digoreng.

Minyak goreng yang telah digunakan berulang-ulang akan mengalami penurunan kualitas yang ditandai dengan perubahan warna menjadi gelap, aroma menjadi kurang enak, kadar asam lemak bebas dan bilangan peroksida yang tinggi (Kusumastuti, 2004). Selain itu juga akan terjadi penurunan nilai gizi dari bahan yang digoreng. Hal ini dikarenakan saat dipanaskan pada suhu tinggi disertai kontak dengan udara akan menyebabkan minyak mengalami perubahan kimia seperti proses hidrolisis, oksidasi, polimerisasi, dan reaksi pencoklatan. Proses oksidasi dan polimerisasi dapat merusak sebagian vitamin dan asam lemak esensial yang terdapat dalam minyak sehingga dapat mengakibatkan keracunan

dalam tubuh dan berbagai macam penyakit, seperti diare, pengendapan lemak dalam pembuluh darah, dan kanker (Ketaren, 1986). Perubahan (kerusakan) dalam minyak goreng akan membahayakan kesehatan konsumen. Oleh karena itu pemurnian minyak goreng bekas perlu diupayakan dengan tujuan penghematan namun tidak membahayakan kesehatan serta mudah dilakukan.

Upaya pengolahan minyak jelantah (minyak goreng bekas) dapat dilakukan dengan berbagai cara, salah satunya dengan cara adsorpsi. Adsorpsi dipilih karena mudah dalam pelaksanaan dan ekonomis (Yuliana dkk., 2005). Pemilihan adsorben dapat menggunakan bahan galian misalnya bentonit, zeolit maupun limbah hasil pertanian berupa sekam padi, tempurung kelapa, ampas tebu, jerami padi, tongkol jagung, dan lain-lain.

Pada penelitian ini digunakan bioadsorben dari limbah ampas pati aren dan bentonit. Menurut Purnavita dan Sriyana (2011), ampas pati aren memiliki kandungan selulose yang tinggi (60,61%) sehingga bahan tersebut dapat

digunakan sebagai bioadsorben tanpa diarangkan (Widjanarko, 2006). Rahayu dkk. (2014) juga melaporkan bahwa bahan berselulose tinggi, seperti sabut dan tempurung kelapa, yang tidak diarangkan mampu menurunkan kandungan asam lemak bebas (FFA) dan peroksida (PV) dalam minyak jelantah dengan cukup signifikan, meskipun kurang efektif untuk memucatkan warna gelap minyak. Untuk mengantisipasi kekurangmampuan ampas pati aren sebagai pemucat maka dilakukan kombinasi dengan bentonit yang telah dikenal sebagai bahan penjernih (*bleaching*) minyak (Yuliana dkk., 2005; Tanjung, 2006; Yusnimar dkk., 2009; dan Haryati dkk., 2009).

Pemurnian minyak goreng bekas dengan metode adsorpsi dipengaruhi sejumlah faktor, diantaranya yang cukup penting adalah temperatur dan waktu adsorpsi. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh suhu dan waktu adsorpsi terhadap sifat fisika kimia minyak goreng bekas, meliputi bilangan asam (BA), bilangan peroksida (PV), dan warna minyak; serta menentukan kondisi optimum kedua faktor.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan yang digunakan meliputi ampas pati aren, bentonit, minyak jelantah, NaOH, HCl, etanol, KOH, asam asetat, kloroform, KI, indikator amilum, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, asam oksalat, Indikator pp.

Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain : timbangan digital, ayakan 80 mesh dan 100 mesh, *glassware*, oven, *Hot Plate Magnetic Stirrer*, dan spektrofotometer (*Genesys 20 Spectrophotometer*).

Cara Kerja

Preparasi adsorben

Ampas pati aren deligninasi

Ampas pati aren (APA) kering digrinding dan diayak menggunakan screener ukuran 80

mesh. Kemudian sejumlah serbuk ampas aren ditambah larutan NaOH 0,25 N, diaduk 2 jam, lalu didiamkan selama 24 jam. Selanjutnya adsorben dinetralkan dengan larutan HCl 0,25 N, disaring, dan dicuci dengan aquadest. Adsorben APA kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 105 °C selama 4 jam (Rahayu dan Purnavita, 2014).

Bentonit aktif

Bentonit dengan ukuran 100 mesh dicampur dengan larutan HCl 5 N lalu dipanaskan selama 2 jam pada suhu ± 70 °C sambil diaduk. Bentonit disaring, dicuci dengan air sampai pH air pencuci ≥ 4 , kemudian dikeringkan pada suhu 105 °C selama 4 jam (Tanjung, 2006).

Persiapan Minyak Goreng

Minyak jelantah disaring dengan kain tipis untuk menghilangkan kotoran berupa padatan atau remah-remah. Setelah itu dianalisis bilangan asam (BA), bilangan peroksida (PV), dan warnanya.

Proses adsorpsi

Ke dalam labu erlenmeyer berisi 100 g minyak jelantah dimasukkan 10 g campuran serbuk ampas pati aren dan bentonit dengan rasio APA:B = 1:1 (Rahayu dan Purnavita, 2014) kemudian diaduk selama 20, 40, 60, 80, dan 100 menit; masing-masing pada suhu 40°C, 70°C, 100°C, dan 150 °C. Selanjutnya minyak disaring dan diambil sampel untuk dianalisis bilangan asam/BA (Sudarmaji, 1997), bilangan peroksida/PV (Sudarmaji, 1997), dan kejernihan warnanya (Kusumastuti, 2004).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bilangan Asam

Asam lemak bebas merupakan produk reaksi hidrolisis trigliserida (minyak). Oksidasi asam lemak bebas akan menghasilkan bau dan rasa yang tidak enak. Oleh karena itu, bilangan asam (BA) dalam minyak sering digunakan sebagai salah satu parameter kerusakan minyak goreng bekas pakai (Kusumastuti, 2004).

Hasil pengukuran bilangan asam (BA) minyak jelantah setelah proses regenerasi menggunakan bioadsorben ampas pati aren dan

bentonit pada berbagai suhu dan waktu adsorpsi disajikan pada Tabel 1. Bilangan asam minyak jelantah awal didapatkan sebesar 1,1555 mg KOH/g.

Tabel 1. Rerata Bilangan Asam (BA) minyak jelantah setelah adsorpsi pada berbagai suhu dan waktu adsorpsi

Waktu (menit)	Rerata BA Minyak Jelantah setelah adsorpsi pada variasi suhu (mg KOH/g minyak)			
	40	70	100	150
	°C	°C	°C	°C
20	0,9228	0,8736	0,7997	1,0950
40	0,8901	0,8433	0,7964	1,0079
60	0,8568	0,7982	0,7407	0,9309
80	0,8379	0,7893	0,7277	1,3967
100	0,7893	0,7281	0,5848	2,0613

Ket. : Hasil merupakan rerata dari dua kali ulangan

Berdasarkan data pada Tabel 1, BA minyak menurun setelah diadsorpsi dengan menggunakan campuran adsorben APA dan bentonit pada berbagai variasi suhu dan waktu kontak. Serbuk APA mampu menyerap molekul asam lemak bebas dikarenakan serbuk APA mengandung selulosa yang kaya akan gugus hidroksil (-OH) yg bersifat elektronegatif (basa) dan polar, sehingga dapat berinteraksi dengan gugus karboksilat (-COOH) dari FFA yang bersifat elektropositif (asam) dan polar (Rahayu dan Purnavita, 2014). Sedangkan kemampuan bentonit aktif dalam menyerap komponen asam lemak bebas pada minyak goreng bekas disebabkan oleh adanya gugus silanol (Si-OH) yang terbentuk dari senyawa SiO₂ dalam bentonit pada saat aktivasi asam (Tanjaya, 2006, Rahayu dan Purnavita, 2014). Atom hidrogen dari gugus silanol akan berikatan hidrogen dengan gugus oksigen-karbonil (-C=O) pada asam lemak bebas sehingga molekul asam lemak bebas dapat teradsorpsi pada permukaan adsorben (Kinanthi, 2008). Kemampuan ini yang menyebabkan kedua adsorben dapat menurunkan bilangan asam dalam minyak goreng bekas.

Standar SNI minyak goreng untuk bilangan asam adalah maks. 2 mg KOH/g minyak (Mardina dkk., 2012). Berdasarkan standar SNI ini maka minyak jelantah awal sebenarnya masih layak untuk dikonsumsi. Namun, pemurnian minyak secara adsorpsi menggunakan bioadsorben APA dan bentonit pada semua kondisi suhu dan waktu adsorpsi menjadikan minyak hasil regenerasi lebih aman lagi untuk dikonsumsi karena menghasilkan BA semakin kecil (< 1 mg KOH/g).

Dari Tabel 1, terlihat bahwa pada semua variasi waktu kontak didapatkan bahwa semakin tinggi suhu maka BA minyak setelah adsorpsi mula-mula menurun hingga suhu 100 °C, kemudian naik kembali pada suhu 150 °C. Hal ini menunjukkan suhu adsorpsi berpengaruh terhadap BA minyak setelah adsorpsi. Pada dasarnya semakin tinggi suhu adsorpsi, BA minyak setelah adsorpsi semakin kecil; dikarenakan pada suhu yang semakin tinggi, energi kinetik molekul untuk terjadinya tumbukan akan semakin besar, sehingga kemampuan adsorben untuk mengadsorpsi asam lemak bebas juga akan meningkat. Namun, suhu yang terlalu tinggi juga berdampak kurang baik (BA kembali meningkat) karena minyak goreng pada pemanasan di atas 100 °C akan mengalami kerusakan dan membentuk asam lemak bebas lagi. Selain itu, peningkatan asam lemak bebas (BA) dimungkinkan pula disebabkan oleh bentonit yang digunakan, yakni bentonit yang diaktivasi asam, dimana selama proses pemucatan dapat terjadi hidrolisis terhadap trigliserida (minyak) sehingga dapat meningkatkan kadar asam lemak bebas (Anonymous, 2010).

Hampir sama dengan pengaruh suhu, dari Tabel 1 terlihat bahwa semakin lama waktu kontak, BA minyak setelah adsorpsi semakin mengecil pada semua kondisi suhu adsorpsi, kecuali pada perlakuan suhu 150°C. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan minyak pada suhu tinggi dalam waktu lama akan memicu kerusakan minyak dimana asam lemak bebas akan terbentuk kembali dan jumlahnya

cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya waktu pemanasan.

Dari uji anava diperoleh bahwa suhu dan waktu adsorpsi yang berbeda memberikan pengaruh sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap BA minyak. Berdasarkan uji DMRT diketahui bahwa antar perlakuan menunjukkan BA yang berbeda sangat nyata. Perlakuan adsorpsi dengan suhu 100°C pada waktu 100 menit menghasilkan penurunan BA terbesar ($p < 0,01$) dibandingkan dengan perlakuan yang lain, yakni dari 1,1555 mg KOH/g menjadi 0,5848 atau mengalami pengurangan sebesar 49,39 %.

Bilangan Peroksida (PV)

Hasil analisis PV minyak goreng bekas setelah mengalami proses adsorpsi menggunakan ampas pati aren dan bentonit pada berbagai suhu dan waktu adsorpsi disajikan dalam Tabel 2. PV minyak jelantah awal diperoleh 16,2052 mek/kg.

Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat bahwa pengolahan minyak bekas dengan berbagai perlakuan suhu dan waktu adsorpsi dapat menurunkan bilangan peroksida (PV) dalam minyak. Kemampuan serap komponen peroksida dalam minyak jelantah oleh bentonit aktif disebabkan oleh gugus silanol yang terbentuk dari senyawa SiO_2 dalam bentonit pada saat aktivasi asam (Tanjaya, 2006). Atom hidrogen dari gugus silanol akan berikatan dengan gugus peroksida pada senyawa peroksida, sehingga molekul peroksida dapat teradsorpsi pada permukaan adsorben melalui ikatan hidrogen (Kinanthi, 2008). Di sisi lain, ampas pati aren deligninasi mengandung selulose yang kaya akan gugus hidroksil yang bersifat polar sehingga memiliki afinitas yang besar terhadap zat terlarut yang polar. Senyawa peroksida yang terdapat dalam minyak mengandung gugus peroksida yang bersifat polar sehingga mudah diserap oleh selulose dari serbuk APA (Rahayu dkk., 2014). Kemampuan ini yang menyebabkan kedua adsorben dapat menurunkan kadar PV dalam minyak goreng bekas.

Tabel 2. Rerata PV minyak jelantah setelah adsorpsi pada berbagai suhu dan waktu adsorpsi.

Waktu (menit)	Rerata PV Minyak Jelantah setelah adsorpsi pada variasi suhu (mek /kg)			
	40 $^{\circ}\text{C}$	70 $^{\circ}\text{C}$	100 $^{\circ}\text{C}$	150 $^{\circ}\text{C}$
	6,901	6,608	5,668	
20	6	0	1	7,6300
	6,531	5,432	4,578	
40	4	7	1	6,9300
	6,090	5,205	4,205	
60	0	9	9	6,4582
	6,029	5,130	4,110	
80	4	0	0	8,2181
	5,773	4,851	3,928	11,072
100	9	5	4	0

Ket. : Hasil merupakan rerata dari dua kali ulangan

Dari data Tabel 2 terlihat bahwa pada semua waktu adsorpsi, semakin tinggi suhu maka PV minyak setelah adsorpsi mula-mula berkurang hingga suhu 100°C , kemudian naik kembali pada suhu 150°C . Pada dasarnya semakin tinggi suhu adsorpsi, kadar PV dalam minyak goreng setelah adsorpsi semakin kecil. Hal ini dikarenakan pada suhu makin tinggi, energi kinetik molekul untuk terjadinya tumbukan akan semakin besar, sehingga kemampuan adsorben untuk mengadsorpsi senyawa peroksida (PV) juga akan meningkat. Namun, suhu yang terlalu tinggi juga berdampak kurang baik, karena dapat mempercepat terbentuknya senyawa peroksida.

Pengaruh waktu adsorpsi terhadap PV minyak menunjukkan fenomena yang mirip dengan BA minyak (Tabel 1 dan Tabel 2). Pengolahan minyak pada suhu tinggi (150°C) yang makin lama ternyata dapat memicu terbentuknya senyawa peroksida kembali dalam minyak goreng bekas, dimana jumlahnya kian meningkat dengan bertambahnya waktu pemanasan.

Berdasarkan standar minyak goreng SNI 3741-1995 untuk bilangan peroksida (maksimal 2 mek/kg), terlihat bahwa minyak jelantah awal sudah rusak dan sangat tidak layak konsumsi karena kadar peroksida yang cukup tinggi (PV 16,2052 mek/kg). Dari Tabel 2 terlihat bahwa proses pemurnian dengan kedua adsorben pada semua kondisi suhu dan waktu adsorpsi mampu menurunkan PV minyak jelantah cukup besar (% penurunan >65%), meskipun belum mampu melewati batas maksimal standar SNI minyak goreng.

Dari uji anava diperoleh bahwa suhu dan waktu adsorpsi yang berbeda memberikan pengaruh sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap kadar PV minyak. Berdasarkan uji beda DMRT untuk variasi perlakuan suhu dan waktu adsorpsi yang berbeda diketahui bahwa kondisi yang memberikan kadar PV terendah ($p < 0,01$) adalah pada perlakuan suhu 100°C dan waktu adsorpsi 100 menit. Kondisi ini memberikan kadar PV terendah sebesar 3,9284 mek /kg dengan prosentase penurunan sebesar 75,76%.

1. Intensitas Warna

Hasil penetapan intensitas warna minyak goreng bekas setelah mengalami proses adsorpsi dengan menggunakan campuran biadsorben ampas pati aren dan bentonit pada berbagai suhu dan waktu adsorpsi disajikan dalam Tabel 3. Intensitas warna minyak goreng sebelum adsorpsi adalah 0,461 (sebagai blanko adalah minyak baru, Absorbansi : 0,000).

Warna keruh pada minyak goreng bekas disebabkan oleh senyawa hasil oksidasi asam lemak tak jenuh pada pemasakan pada suhu tinggi serta penggunaan secara berulang-ulang. Dari Tabel 3 terlihat bahwa campuran adsorben ampas pati aren (APA) deligninasi dan bentonit dapat menurunkan kekeruhan warna pada minyak bekas dengan didukung suhu dan waktu adsorpsi yang semakin meningkat.

Tabel 3. Rerata kejernihan warna minyak jelantah setelah adsorpsi pada berbagai suhu dan waktu adsorbs

Waktu (menit)	Rerata intensitas warna minyak jelantah setelah
------------------	--

	adsorpsi pada variasi suhu			
	40 $^{\circ}\text{C}$	70 $^{\circ}\text{C}$	100 $^{\circ}\text{C}$	150 $^{\circ}\text{C}$
20	0,399	0,388	0,373	0,324
40	0,381	0,351	0,338	0,205
60	0,375	0,349	0,327	0,133
80	0,369	0,342	0,302	0,143
100	0,364	0,332	0,232	0,161

Ket. : Hasil merupakan rerata dari dua kali ulangan

Proses penyerapan warna terdiri atas penyerapan fisika dan kimia. Penggunaan adsorben dengan proses adsorpsi merupakan pengolahan cara fisika. Penyerapan secara fisika dikarenakan adanya kontak antara permukaan butiran pada kondisi tertentu, misalnya suhu dan waktu. Berdasarkan data pada Tabel 3, semakin tinggi suhu dan lama waktu semakin besar penurunan kekeruhan warna minyak jelantah. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi temperatur dan semakin lama waktu kontak, daya serap adsorben semakin baik karena semakin banyak partikel-partikel pengotor (koloid) mampu terikat oleh adsorben sehingga warna minyak semakin jernih/nilai Absorbansi makin kecil (Rosita dan Widasari, 2009).

Dari uji anava menunjukkan bahwa adsorpsi dengan campuran APA dan bentonit pada berbagai suhu dan waktu adsorpsi berbeda sangat nyata ($p < 0,01$). Berdasarkan uji beda DMRT untuk variasi suhu dan waktu kontak yang berbeda diketahui bahwa kondisi yang memberikan intensitas warna terendah ($p < 0,01$) adalah pada perlakuan suhu 150°C dengan waktu kontak 60 menit. Kondisi ini memberikan intensitas warna terendah sebesar 0,133 dengan prosentase penurunan sebesar 71,15%.

SIMPULAN

1. Pemurnian minyak goreng bekas dengan metode adsorpsi menggunakan campuran ampas pati aren dan bentonit pada berbagai suhu ($40\text{--}150^{\circ}\text{C}$) dan waktu kontak (20-100 menit), dapat mengurangi kandungan asam

lemak bebas (BA), senyawa peroksida (PV) dan warna gelap (Absorbansi) minyak goreng bekas.

2. Penurunan BA, PV, dan intensitas warna minyak goreng bekas akibat perlakuan adsorpsi menggunakan bioadsorben ampas pati aren dan bentonit pada rasio 1:1 sangat nyata dipengaruhi oleh suhu dan waktu adsorpsi. Kondisi terbaik untuk menurunkan BA dan PV minyak goreng bekas adalah pada suhu 100°C selama 100 menit, yang mampu menurunkan BA sebesar 49,39 % dan PV sebesar 75,76%. Sedangkan kondisi terbaik untuk menurunkan intensitas warna adalah pada suhu 150°C dengan waktu kontak 60 menit yang mampu menurunkan intensitas warna sebesar 71,15%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi melalui Ditlitabmas dan Kopertis Wilayah VI selaku pemberi dana penelitian, Direktur Akademi Kimia Industri Santo Paulus Semarang yang telah memfasilitasi kegiatan penelitian di laboratorium, serta Sdr. Kevin Dermawan dan Sdri. Tika Chrisanti M. yang telah membantu penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonimous. 2010. *Pengolahan Minyak Goreng (Pemucatan)*.
<http://lordbroken.wordpress.com>.
 Diakses 19 November 2013.
- Haryati, dkk. 2009. *Potensi Bentonit sebagai Penjernih Minyak Goreng Bekas*. Makalah Seminar Penelitian.
- Kapitan, O.B. 2013. Analisis kandungan Asam Lemak Trans (Trans fat) dalam Minyak Bekas Penggorengan Jajanan di Pinggir Jalan Kota Kupang. *Jurnal Kimia Terapan*. 1(1) : 17-31
- Kinanthi, A. 2008. Pengaruh Perlakuan Awal Sekam Padi dan Ampas Tebu Sebagai Adsorben Untuk Meningkatkan Kualitas Minyak Goreng Bekas. *Laporan Penelitian*. Semarang: AKIN.
- Kusumastuti. 2004. *Kinerja Zeolit dalam Memperbaiki Mutu Minyak Goreng Bekas*. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*. 15(2) : 141-144.
- Mardina, P., Faradina, E., dan Setiawati. 2012. Penurunan Angka Asam pada Minyak Jelantah. *Jurnal Kimia*. 6 (2) : 196-200
- Purnavita, S dan Sriyana, H.Y., 2011. Produksi Bioetanol dari Limbah Ampas Pati Aren Secara Enzimatis dengan menggunakan Mikrobial Selulolitik Ekstrak Raya. *Jurnal Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian* Vol. 8. No 2. pp. 54 - 60.
- Rahayu, L.H. dan Purnavita, S. 2014. Regenerasi Minyak Jelantah secara Adsorpsi Menggunakan ampas Pati Aren dan Bentonit pada Berbagai Variasi Rasio Adsorben. Prosiding Seminar Nasional Hasil-hasil Penelitian dan Pengabdian. ISBN 978-602-18809-1-3. Semarang : Unimus. Hal. 41-46
- Rahayu, L.H., Purnavita, S., dan Sriyana, H. 2014. Potensi Sabut dan Tempurung Kelapa sebagai Adsorben untuk Meregenerasi Minyak Jelantah. *Jurnal Momentum*. 10 (1) : 47-53
- Sudarmaji, dkk. 1997. *Prosedur Analisa untuk Bahan Makanan dan Pertanian. Edisi keempat*. Yogyakarta : Liberty.
- Tanjaya, A. 2006. Aktivasi Bentonit Alam Pacitan sebagai Bahan Penjerap pada Proses Pemurnian Minyak Sawit. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*. 5(1): 429-434.
- Widjanarko, dkk. 2006. *Kinetika Adsorpsi Zat Warna Congo Red dan Rhodamine B dengan Menggunakan Serabut Kelapa dan Ampas Tebu*. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*. 5(3) : 461-468.
- Wijana, S, dkk. 2005. *Mengolah Minyak Goreng Bekas*. Surabaya: Trubus Agrisarana.
- Yuliana, dkk. 2005. Penggunaan Adsorben untuk Mengurangi Kadar Free Fatty Acid, Peroxide Value dan Warna

Minyak Goreng Bekas. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*. 4(2): 212-218.

Yusnimar, dkk. 2009. Proses Bleahing CPO: Pengaruh Ukuran Partikel Bentonit dan Suhu Aktivasi terhadap Daya Jerap Bentonit. *Prosiding SNTKI*. Bandung: ITB.